



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 工作機械(91)の各移動軸の移動誤差を、レーザ測長器を使用して測定する工作機械の移動誤差測定システムであって、移動部分に固定された測定用コーナーキューブ(170、171、172)に向かって測定用レーザビームを出射する前記レーザ測長器の干渉光学ユニット(14)を、外部信号に応じて回転させる回転機構(15)を備えることを特徴とする工作機械の移動誤差測定システム。

【請求項2】 請求項1に記載の工作機械の移動誤差測定システムであって、前記回転機構(15)は、直角な2軸の回りを独立に回転可能な2軸回転機構である工作機械の移動誤差測定システム。

【請求項3】 請求項1又は2に記載の工作機械の移動誤差測定システムであって、前記レーザ測長器は、レーザ光源(11)が前記干渉光学ユニット(14)と分離して設けられており、前記レーザ光源(11)から前記干渉光学ユニット(14)にレーザビームを伝達する光ファイバ(121)を備える工作機械の移動誤差測定システム。

【請求項4】 請求項1から3のいずれか1項に記載の工作機械の移動誤差測定システムであって、前記レーザ測長器は、前記測定用レーザビームと参照用レーザビームを合成した干渉光から干渉縞に応じた電気信号を生成して干渉縞の変化数をカウントする受光処理ユニット(16)が、前記干渉光学ユニット(14)と分離して設けられており、前記干渉光学ユニット(14)から前記受光処理ユニット(16)にレーザビームを伝達する光ファイバ(122)を備える工作機械の移動誤差測定システム。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、ISO230-2やJIS-B-6201-1990あるいはANSI/ASME B5, 54等に規定されている工作機械の移動誤差をレーザ測長器を使用して測定する測定システムに関する。

**【0002】**

【従来の技術】NC工作機械の精度については、ISO230-2やJIS-B-6201-1990あるいはANSI/ASME B5, 54等の規格に試験項目や試験方法が規定されている。ここで規定されている項目は、各移動軸方向あるいは対角線方向(ダイアゴナル)の移動量誤差、バックラッシュ、ヨーイング等である。例えば各移動軸方向の移動量誤差の試験方法では、各移動軸方向毎に所定量ずつ移動する動作を行った後、逆方向に同じように戻る動作を所定量繰り返す、それぞれの移動点での誤差の最大値や2乗平均値を算出する方法が規定

されている。

【0003】上記のような試験項目の測定には、通常の接触型のゲージや磁気スケール等も使用されるが、もっとも一般的にはレーザ測長器が使用される。図1は、レーザ測長器を使用してNC工作機械(マシニングセンタ)の精度を測定するための従来の配置例を示す図である。図1に示すように、工作機械91は、加工ツールを保持し駆動する加工ツール部92と、被加工物を載せる載物台93と、それらの制御を行うNCコントローラ97を備える。加工ツール部92は上下方向(Z軸方向)に移動可能であり、載物台93はZ軸方向に垂直な平面内の相互に垂直な2方向に移動可能であり、NCコントローラ97により移動が制御される。上記のISO230-2やJIS-B-6201-1990の移動量誤差とバックラッシュの測定に関する規定では、これらのNCコントローラ97から各軸方向に所定の移動量だけ移動するように指示した時に実際にどれだけ移動したかを測定する。図示しているのは、矢印で示した方向(X軸方向)の移動量誤差とバックラッシュを測定する場合であり、まずレーザ光源11から出射されるレーザ光の光軸がX軸方向に一致するように光軸合わせしたレーザ光源11を配置する。次に加工ツール部92の先端にレーザ干渉測長器の干渉光学ユニット13をレーザ光が入射するように取り付け、載物台93の端に反射鏡(コーナーキューブ)を配置する。

【0004】図2は、干渉光学ユニット13の構成を示す図である。レーザ光源11は、He-Neレーザ等の可干渉性の良好な(干渉距離の長い)レーザ光を出力するレーザ光源であり、そこから出力されたレーザ光は、偏光ビームスプリッタ131で2つのレーザビームに分けられる。この時、偏光ビームスプリッタ131の光軸は入射するレーザ光の偏光面に対して45°になるように調整されている。この場合、偏光ビームスプリッタ131を透過するレーザ光はP偏光、偏光ビームスプリッタ131で反射するレーザ光はS偏光と呼ばれ、互いに偏光方向が直交している。一方のレーザビーム(P偏光)は載物台93の端に配置されたコーナーキューブ17に入射し、そこで逆方向に反射されて再び偏光ビームスプリッタ131に入射する。他方のレーザビーム(S偏光)は干渉光学ユニット13に設けられた参照用コーナーキューブ132に入射し、そこで逆方向に反射されて再び偏光ビームスプリッタ131に入射する。コーナーキューブ17から偏光ビームスプリッタ131に入射したレーザビームと参照用コーナーキューブ132から偏光ビームスプリッタ131に入射したレーザビームは、偏光ビームスプリッタ131で重なり合い、偏光板138を通過した後光検出器133に入射する。これらの2つのレーザビームは相互に干渉し干渉縞を生じるが、干渉縞の強度は2つのレーザビームの光路差がレーザビームの波長の整数倍の時にもっとも大きくなり、光

路差が波長の整数倍と $1/2$ 異なる時にもっとも小さくなる。そのため、載物台93が移動し、その端に配置されたコーナーキューブ17が移動すると光検出器133の出力強度が周期的に変化する。具体的にはコーナーキューブ17が $1/2$ 波長分移動すると、往復で波長分の光路差が生じるため、光検出器133の出力強度が変化するサイクル数に $1/2$ 波長を乗じた値がコーナーキューブ17、すなわち載物台93の移動距離である。

【0005】光検出器133の出力信号は、増幅器134で増幅された後、比較器135で出力信号の中間レベルと比較されて2値信号に変換され、それをカウンタ136で計数する。測長値算出部137は、カウンタ136の値から移動距離を算出する。図1及び図2に示した従来の配置で、各軸方向の移動量を測定する手順について説明する。

【0006】作業者は、図1のようなX軸方向の移動量誤差を測定する配置を完了した後、NCコントローラ97を操作して、ISO230-2やJIS-B-6201-1990等に規定された試験方法に対応する移動量だけ載物台93をX軸方向に移動させるように指示する。そしてこの移動に対応するレーザ測長器の測定値を記録する。このような測定を、規定された個数の目標位置へ規定された回数分移動させて行う。具体的には、ISO230-2とJIS-B-6201-1990では、2mまでの移動距離ではメートル当たり5つの目標位置をとる必要があり、更に各目標位置に5回以上各向きで移動させる必要があり、測定を行う回数は膨大である。しかも、各目標位置をどのような順番に測定するかで、直線サイクルと折り返しサイクル等の複数のサイクルが規定されており、対象となる工作機械毎にいずれかを選択して測定を行う必要がある。各目標位置のNCコントローラ97への入力、測定毎に行われる場合も、最初にまとめて入力し、ボタン操作により順に移動させる場合もある。いずれにしろ、各目標位置を入力する必要がある。そのため、作業に時間がかかる上、作業が非常に煩雑で誤り易いという問題があった。また、測定値には規定された演算処理を施して、評価値を算出することも必要である。

【0007】更に、マシニングセンタやフライス盤等のNC工作機械では移動軸は通常3軸あり、これらのすべての移動軸方向について移動量誤差を測定する必要がある。そのため、X軸方向の測定が終了すると、レーザ光源11、干渉光学ユニット13及びコーナーキューブ17の配置をY軸方向の移動量誤差を測定する配置に変更した上で、Y軸方向の測定を行い、その後更にZ軸方向の測定を行う必要がある。そのため、図1に示したレーザ光源11からのレーザビームがX軸方向に出力される配置からY軸方向及びZ軸方向に出力される配置に変える必要があるが、レーザビームをZ軸方向に、しかも加工ツール部92を通過するように配置するのは容易

でない。そのため反射鏡（ミラー）等を組み合わせてレーザビームの方向を変えるようにしているが、配置を調整する要素が増加するために調整作業は更に煩雑になる。

【0008】このような問題を解決するため、実願昭62-52869号にはレーザ光源から干渉光学ユニットへのレーザビームの伝達を光ファイバで行うことにより配置の自由度を大幅に向上させた分離型レーザ干渉計が提案されている。この分離型レーザ干渉計を使用すれば各軸へのセッティングは容易に行えるものの、このような分離型レーザ干渉計を使用しても、方向の切り換えは自動的に行えず、作業者が各軸にセッティングする必要があるのが現状である。

【0009】更に、上記のレーザ光源11、干渉光学ユニット13及びコーナーキューブ17の配置においては、レーザビームが測定しようとする移動軸の方向に平行に出力されることが必要であり、もし平行でないと測定した値は、平行との角度差の余弦（cos）値になり誤差を生じる。角度差が小さければ誤差は小さいが、レーザ測長器を使用して測定する測定値は非常に高精度を要求されるため、角度差が十分に小さくなるように、レーザビームと移動軸の平行度を十分に合わせる必要があり、熟練した作業者が行う必要がある上、熟練した作業者が行うにしても煩雑な作業であるという問題があった。

【0010】また、図6はANSI/ASME B5, 54に規定された対角線方向の移動量誤差を測定する従来の配置例を示す図である。図示のように、載物台932の端に干渉光学ユニット13を配置し、加工ツール部の先端にコーナーキューブ17を取り付け、干渉光学ユニット13から出射されたレーザ光がコーナーキューブ17に入射するようにする。その上で、載物台931と932及び加工ツール部を移動させて、干渉光学ユニット13がコーナーキューブ17に対して相対的に図の破線上を移動するように制御し、干渉光学ユニット13とコーナーキューブ17間の距離の変化を検出する。図6に示したような対角線方向の移動量誤差を測定するためのセッティングが更に煩雑であることは容易に理解できることである。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】本出願人は、このような問題点を解決するため、特願平8-56082号で、干渉光学ユニットから出力される測定用レーザビームの出射方向を、3軸方向に切り換え可能なレーザ測長器を開示している。これを使用することにより、測定用レーザビームの出射方向を自動的に切り換えられるようになる。しかし、測定用レーザビームの出射方向が切り換えられない従来のレーザ測長器が広く使用されており、このような従来のレーザ測長器を使用して工作機械の移動誤差の測定が容易に行える測定システムが要望されてい

る。

【0012】また、レーザビームの出射方向を3軸方向に切り換えられるだけでは、図6に示した対角線方向の測定のためのセッティングは容易にならず、あいかわらず煩雑な作業が必要であるという問題があった。本発明は、このような要望を実現するためのものであり、工作機械の移動誤差を容易に測定できる、測定作業の自動化にも適用できる工作機械の移動誤差測定システムの実現を目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を実現するため、本発明の工作機械の移動誤差測定システムは、レーザ測長器の干渉光学ユニットを外部信号に応じて回転させる回転機構を備え、測定用レーザビームの出射方向が切り換えられない従来のレーザ測長器を使用しても、測定用レーザビームの出射方向が切り換えられるようにする。

【0014】すなわち、本発明の工作機械の移動誤差測定システムは、工作機械の各移動軸の移動誤差を、レーザ測長器を使用して測定する工作機械の移動誤差測定システムであって、移動部分に固定された測定用コーナキューブに向かって測定用レーザビームを出射するレーザ測長器の干渉光学ユニットを、外部信号に応じて回転させる回転機構を備えることを特徴とする。

【0015】3軸方向の移動誤差を測定するため、回転機構は直角な2軸の回りを独立に回転可能な2軸回転機構であることが望ましい。また、安定したレーザビームを出射するレーザ光源はかなりの大きさと重量を有するため、レーザ光源を干渉光学ユニットと一緒に回転させることは難しい。そこで、レーザ光源と干渉光から干渉縞に応じた電気信号を生成して干渉縞の変化数をカウントする受光処理ユニットは、干渉光学ユニットと分離して設け、それらの間を光ファイバで接続した分離型レーザ測長器を使用することが望ましい。

【0016】

【発明の実施の形態】図3は、本発明の第1実施例の縦型のマシニングセンタの全自動測定システムの構成を示す図である。図3に示すように、NC工作機械は従来のものと同じであり、加工ツール部92、載物台93、NCコントローラ97等を備える。従来のNC工作機械のNCコントローラ97は、一般にRS-232C用ターミナル等のデータ入出力ポートを備えている。本発明が適用されるNC工作機械のNCコントローラ97もこのようなデータ入出力ポートを備えていることが要求される。

【0017】本実施例で使用されるレーザ測長器は実願昭62-52869号に記載されている分離型レーザ干渉計である。この分離型レーザ干渉計は、レーザ光源と干渉光学ユニットの間を単一モードファイバ又は偏波面保存ファイバ等の光ファイバで接続することにより、レ

ーザ光源と干渉光学ユニットの間のアラインメント調整を不要にすると共にその間の配置の自由度を高めたレーザ測長器である。更に、信号処理部を干渉光学ユニットから分離することも可能であり、干渉光学ユニットに光検出器を設けて干渉縞の信号を電気信号に変換し、電気信号用ケーブルで信号処理部に送ることも可能であるが、ここでは信号処理部に光検出器を設けて干渉縞の光信号を光ファイバを介して信号処理部の光検出器に送信する形式のものを使用する。これにより、干渉光学ユニットをより小型にできる。

【0018】図3において、参照番号11はHe-Neレーザ等の可干渉距離の長いレーザ光を出力するレーザ光源であり、14は干渉光学ユニットであり、15は回転機構であり、16は信号処理ユニットであり、32は回転機構15の動作を制御する方向切り換えコントローラであり、31は測定制御部に相当するノート型パーソナルコンピュータ(PC)である。ノート型PCは通常のコンピュータであり、構成についての説明は省略する。レーザ光源11と干渉光学ユニット14の間は単一モードファイバ又は偏波面保存ファイバ等の光ファイバ121で接続され、干渉光学ユニット14と信号処理ユニット16の間は光ファイバ122で接続されている。回転機構15と方向切り換えコントローラ32の間は電気ケーブル35で接続されている。また、ノート型PC31とNCコントローラ97、信号処理ユニット16、及び方向切り換えコントローラ32の間はデータ通信ケーブルで接続されており、制御信号やデータの送受信が可能である。信号処理ユニット16は光検出器とその出力の変化から干渉縞の本数を計数するカウンタを備えている。

【0019】図4は、干渉光学ユニット14と回転機構15の部分を示す斜視図である。図4に示すように、NC工作機械の加工ツール部92からは主軸921が伸びており、その先端にエンドミル等の刃物を取り付けるツールチャック922が設けられている。回転機構15はこのツールチャック922に取り付ける。回転機構15は、ツールチャック922に取り付けるボール151と、ボール151に固定された第1の支持部材154と、第1の支持部材154に取り付けられたモータ152と、第1の支持部材154によって回転可能に支持されモータ152によって回転する第2の支持部材155と、第2の支持部材155に取り付けられたモータ153と、第2の支持部材155によって回転可能に支持されモータ153によって回転する回転軸156と、回転軸156に固定された第3の支持部材157を有する。干渉光学ユニット14は第3の支持部材157に固定される。

【0020】主軸921の方向をZ軸方向、Z軸方向に垂直な平面内の2方向をX軸方向とY軸方向とし、図4の状態で干渉光学ユニット14からX軸方向に測定用レ

ーザビームが出射されているとする。モータ152を回転することにより、干渉光学ユニット14から出射される測定用レーザービームはXY平面内で方向が変化する。従って、図4の状態から90°回転すればY軸方向に測定用レーザービームが出射される。また、モータ153を回転することにより、干渉光学ユニット14から出射される測定用レーザービームはXZ平面内で方向が変化する。従って、図4の状態から90°回転すればZ軸方向に測定用レーザービームが出射される。モータ152と153は、方向切り換えコントローラ32とケーブル35で接続されており、方向切り換えコントローラ32からの駆動信号に応じて動作する。また、モータ152と153は、回転量を検出するエンコーダを備えたモータであり、方向切り換えコントローラ32はケーブル35を介して回転量を検出できるようになっている。従って、90°以外の所望の値だけ回転させることも可能である。

【0021】図5は、干渉光学ユニット14の内部の構成を示す図である。すでに説明したように、この干渉光学ユニット14は、実願昭62-52869号に記載されている分離型レーザー干渉計であり、図2に示した従来の構成と異なるのは、レーザー光源11から光ファイバ121で伝達されたレーザービームを平行ビームにするコリメータレンズ139と、偏光板138を通過した干渉ビームを光ファイバ122の端面に集光するコリメータレンズ140とが設けられている点である。従って、詳しい説明は省略する。

【0022】図4と図5に示した干渉光学ユニット14と回転機構15とを使用して図3に示したNC工作機械91の移動誤差を測定する手順について簡単に説明する。まず最初にレーザービームの方向を切り換えた場合に各軸に平行であることを確認し、各軸の測定に使用されるコーナーキューブをすべて指定された位置に配置する。そして、最初に測定する軸方向に測定用レーザービームが出射されるように設定した上で、NC工作機械91の載物台93又は加工ツール部92を移動させ、その時の移動量をレーザー測長器で測定する。1つの軸方向の測定が終了したら、干渉光学ユニット14を回転して次に測定する軸方向に測定レーザービームが出射されるようにした上で、移動量を測定し、残りの移動軸についても同様の走査を行う。

【0023】工作機械では、移動軸方向だけでなく、ANSI/ASME B5, 54等に規定されているように移動軸に対してある角度をなす方向に移動させた時の移動誤差であるダイアゴナル移動誤差を測定する必要がある場合がある。このような場合には、回転機構により干渉光学ユニットを回転させて、ダイアゴナル移動方向に測定レーザービームが出射されるように設定した上で、測定を行えばよい。本発明の移動誤差測定システムでは、各軸方向の移動誤差を測定した後、続けてダイアゴナル移動誤差を測定する場合も、自動的にダイアゴナル移動に測定レーザービームが出射されるように設定できるので、連続して測定することが可能である。

【0024】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、煩雑な工作機械の移動誤差測定作業が簡単に行えるようになり、工数が削減されると共に、測定作業を大幅に自動化することも可能になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】NC工作機械の移動軸方向の移動誤差を測定する従来の配置例を示す図である。

【図2】従来の干渉光学ユニットの構成を示す図である。

【図3】本発明の実施例の縦型マシニングセンタの移動誤差測定システムの構成を示す図である。

【図4】実施例の干渉光学ユニットと回転機構を示す斜視図である。

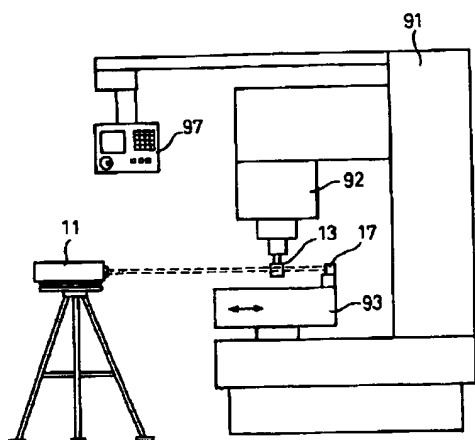
【図5】実施例の干渉光学ユニットの構成を示す図である。

【図6】対角線方向の移動誤差を測定するための従来のセッティング例を示す図である。

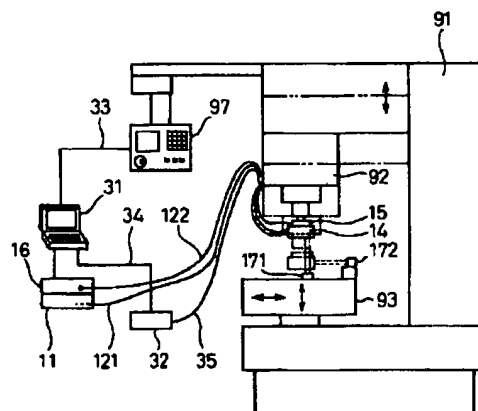
【符号の説明】

- 11…レーザー光源
- 13、14…干渉光学ユニット
- 16…信号処理ユニット
- 170、171、172…コーナーキューブ
- 31…測定制御手段（ノート型パーソナルコンピュータ）
- 91…工作機械
- 92…加工ツール部
- 93…載置台
- 97…NCコントローラ

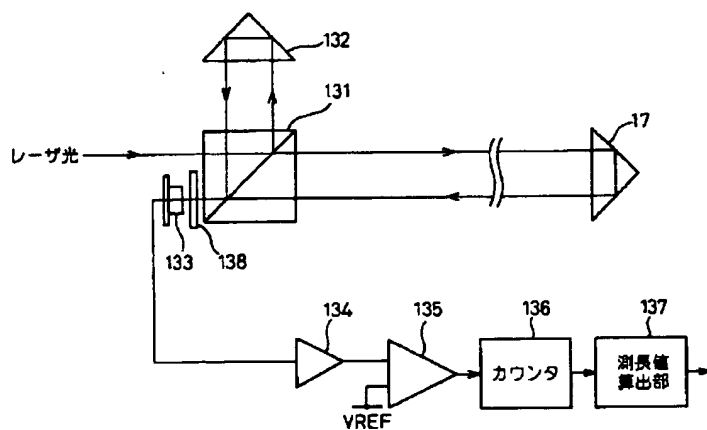
【図1】



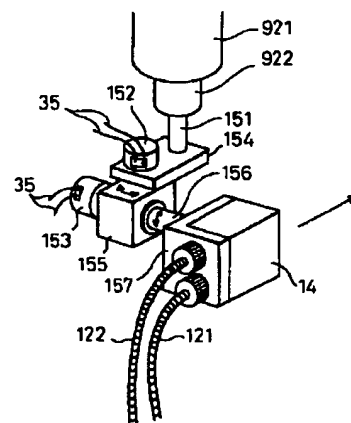
【図3】



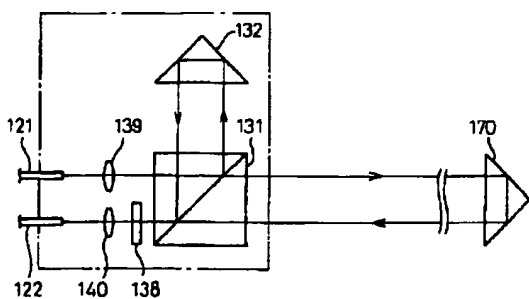
【図2】



【図4】



【図5】



【図6】

